

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LAS CORRIENTES DE MAREA EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO NALÓN (ASTURIAS, ESPAÑA)

Daniel Fernández Suárez^[*], Antonio José Gutiérrez Trashorras^[], Eduardo Alvarez Alvarez^[**]**

[*] Alumno; [] Tutor(es)**
uo194859@uniovi.es

Departamento de Energía. Universidad de Oviedo.

RESUMEN

Las energías marinas disponen de un importante potencial aún por desarrollar. Las elevadas inversiones requeridas, los altos costes de funcionamiento y el elevado impacto ambiental han sido las barreras que han impedido su desarrollo. En este trabajo se realiza una evaluación del potencial energético que es posible aprovechar en la desembocadura del río Nalón utilizando para ello instalaciones de microgeneración. Este tipo de instalaciones pueden ser viables en localizaciones cercanas a la costa al minimizar la inversión necesaria y el coste de operación mantenimiento así como el impacto ambiental. Para ello, se ha trabajado con el programa gratuito de simulación de flujo unidimensional HEC-RAS. Siendo también necesario construir un modelo geométrico de la desembocadura utilizando datos geográficos de libre acceso e información náutica. Los resultados demuestran la existencia de una zona con un potencial energético viable de utilizar desde un punto de vista técnico.

ABSTRACT

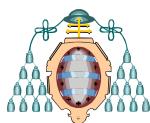
Marine energy has significant potential still to be developed. The required high investment, operating costs and environmental impact have been the barriers that have not permitted its development. In this paper presents an evaluation of the potential energy can be harnessed in the mouth of the river Nalón using microgeneration installations. Such facilities may be viable in

locations near the coast to minimize the investment required as well as operating cost of and environmental impact. To achieve this objective HEC-RAS have been used to simulate a one-dimensional flow. It was also necessary to construct a geometric model of the mouth using geographic data repositories and nautical information. The results demonstrate the existence of an area with high speeds throughout the year and therefore an energy potential that makes feasible its use.

INTRODUCCIÓN

En un contexto energético en el que la demanda energética mundial ha sido de 21.431 TWh en el año 2012 [1], el potencial energético estimado de la energía mareomotriz a nivel mundial es considerada de 800 TWh/año , 105,4 TWh/año en Europa [2] (principalmente en el Reino Unido, Francia, Irlanda, Holanda, Alemania y España). Pese a ello, y que es un recurso continuo y predecible, el aprovechamiento tipo de energía basado en instalaciones específicas aún se encuentran en estado incipiente encontrando importantes barreras a su desarrollo. Estas son fundamentalmente sus elevados costes de inversión, operación y mantenimiento y elevado impacto ambiental.

Las instalaciones que aprovechan la energía proveniente de las mareas o mareomotriz puede ser de dos tipos: presas marinas que aprovechan la energía potencial provocada por la diferencia de



nivel de agua entre las mareas altas y bajas en presas específicamente diseñadas; o turbinas marinas que utilizan la energía cinética de las corrientes marinas durante los movimientos de agua producidos en las mareas.

Hasta la fecha la mayoría de la producción energética mareomotriz proviene de las presas marinas construidas entre los años 1960 y 1980. La generación eléctrica de este tipo de presas se realiza mediante los mismos principios de la generación hidroeléctrica con la diferencia de que las corrientes de marea se aprovechan los dos flujos de marea en direcciones opuestas. A pesar de que esta tecnología ya está bastante probada y puede ser considerada fiable, las instalaciones de este tipo provocan un elevado impacto ambiental e implican elevados costes de construcción y alto impacto ambiental. Únicamente existen cuatro presas de marea en funcionamiento en la actualidad: La Range de 240 MW en Francia, Annapolis de 20 MW en Canada, KislayaGuba de 400kW en Rusia y Jangxia Creek de 500 kW en China [3].

En los últimos 10 años, se ha realizado una intensa investigación en el diseño de equipos que aprovechen la energía de las corrientes de marea basadas en turbinas marinas. Sin embargo, estas instalaciones aún están en fases de diseño o de pruebas y en pocos casos se encuentran conectadas a red. Esto ha sido debido a la solución adoptada, basada en generadores de elevadas potencias (más de 1 MW) que por sus dimensiones han sido instalados en localizaciones lejanas a la costa. Esta circunstancia ha inviabilizado los proyectos respecto los puntos de vista técnico, económico y medioambiental [3].

Sin embargo estudios recientes han determinado puntos en las desembocaduras de los ríos con alta energía cinética debido a el movimiento de la marea (puntos donde las velocidades de la corriente superiores a 2 m/s) [4]. Por tanto, se abre la oportunidad de que esta energía sea aprovechada en zonas próximas al territorio y en ocasiones cercanas a puntos de consumo de energía como ciudades o puertos. Estas localizaciones permiten el diseño y uso de la energía en sistemas de microgeneración con el mínimo impacto medioambiental como se propone

en [5] y que optimicen los costes de inversión y funcionamiento asociados. Para realizar estos estudios se han utilizado tanto herramientas software específicas como medidas en campo.

Se presenta una investigación donde se realiza una evaluación la energía cinética del agua según los movimientos de marea en el río Nalón (Asturias, España). Para ello se ha utilizado el software gratuito HEC-RAS. Se pretende así mismo definir una metodología de evaluación de zonas con potencial que no implique coste de herramientas software ni equipos de altas prestaciones computacionales.

MÉTODODO TRABAJO

a) Descripción del modelo

El modelo hidráulico se basa en el Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS) versión 4.1.0. Es un modelo numérico unidimensional que permite realizar análisis hidráulicos del flujo de agua en lámina libre en régimen permanente y no permanente.

Para el cálculo del perfil de la lámina libre de agua en régimen no permanente el modelo resuelve las ecuaciones completas en una dimensión de Saint Venant [6] para flujo no permanente en canales abiertos:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + y \frac{\partial v}{\partial x} + u \frac{\partial y}{\partial x} = 0 [1]$$

$$I = I_0 - \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} [2]$$

Siendo,

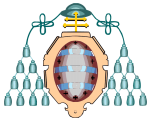
v , velocidad media longitudinal (m/s).

y , profundidad del canal.

I_0 , pendiente del canal.

g , gravedad.

Estas ecuaciones se discretizan usando el método de diferencias finitas y se resuelven usando el esquema de Preissmann o de los cuatro puntos. Con este esquema se aproxima a una función $f(x,t)$ cualquiera en un cierto punto P de (x,t) [7] como:



$$f(x, t) = \theta [\Psi f_{j+1}^{i+1} + (1 - \Psi) f_j^{i+1}] + (1 - \theta) [\Psi f_{j+1}^i + (1 - \Psi) f_j^i] [3]$$

Para las derivadas temporales y espaciales:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \theta \frac{f_{j+1}^{i+1} - f_j^{i+1}}{\Delta x_j} + (1 - \theta) \frac{f_{j+1}^i - f_j^i}{\Delta x_j} [4]$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \Psi \frac{f_{j+1}^{i+1} - f_j^{i+1}}{\Delta t_i} + (1 - \Psi) \frac{f_j^{i+1} - f_j^i}{\Delta t_i} [5]$$

Donde,

θ , localiza el punto P de aproximación de las derivadas en el tiempo.

Ψ , localiza el punto P de aproximación de las derivadas en el tiempo.

Aplicando el esquema de Preissmann para resolver las ecuaciones de Saint Venant para un tramo dividido en n secciones, en cada una de las cuales hay dos incógnitas (caudal y calado), se obtienen 2(n-1) ecuaciones.

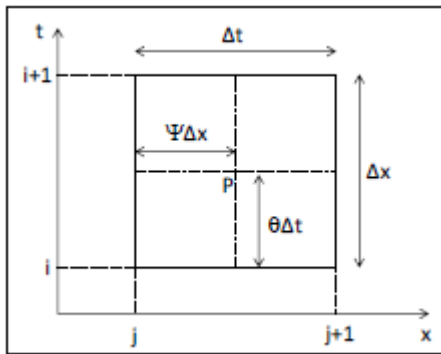


Figura 1. Gráfico de Preissmann

Para resolverlo se requieren por lo tanto otras dos ecuaciones, una en el extremo aguas arriba y otra en el extremo aguas, estas ecuaciones pueden ser o bien las condiciones de contorno o, en casos donde confluyan tres canales, la ecuación de conservación de la energía.

Finalmente queda un sistema pentadiagonal como:

$$\begin{pmatrix} c_{1,1} & b_{1,1}^{i+1} & b_{2,1}^i & b_{3,1}^{i+1} & b_{4,1}^{i+1} & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ c_{1,1}^{i+1} & c_{2,1}^{i+1} & c_{3,1}^{i+1} & c_{4,1}^{i+1} & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & b_{1,n-1}^i & b_{2,n-1}^{i+1} & b_{3,n-1}^i & b_{4,n-1}^{i+1} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & c_{1,n-1}^{i+1} & c_{2,n-1}^{i+1} & c_{3,n-1}^{i+1} & c_{4,n-1}^{i+1} & c.c. \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Q_1^{i+1} \\ y_1^{i+1} \\ Q_2^{i+1} \\ \dots \\ y_{n-1}^{i+1} \\ Q_n^{i+1} \\ y_n^{i+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{5,1}^{i+1} \\ c_{5,1}^{i+1} \\ \dots \\ b_{5,n-1}^{i+1} \\ c_{5,n-1}^{i+1} \\ \dots \end{pmatrix}$$

donde los coeficientes 1 b a 5 b son los resultantes de la discretización de la ecuación de continuidad, los 1 c a 5 c provienen de discretizar la ecuación dinámica, los superíndices $i + 1$ indican el instante de tiempo siguiente (valores desconocidos) mientras los superíndices i se refieren a un instante de tiempo conocido. El segundo subíndice hace referencia a la sección del río.

Debido a que el método de Preissmann presenta inestabilidades [7] en la solución de la ecuación de cantidad de movimiento cuando el calado se encuentra en valores iguales o cercanos al calado crítico, HEC-RAS implemento el algoritmo Local Partial Inertia (LPI). Este algoritmo introduce un factor de reducción a los términos inerciales de dicha ecuación, eliminando los términos de aceleración que son los que producen inestabilidad.

b) Desarrollo del modelo

Para el desarrollo del modelo se la elegida la desembocadura del río Nalón, situada en la localidad de Muros del Nalón. La ría de Nalón es el cauce más importante de Asturias, con lo que los caudales de avenida que fluyen por la ría pueden llegar a ser considerables.

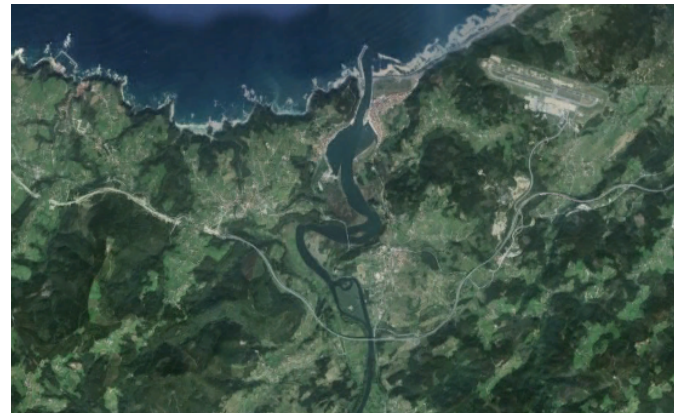
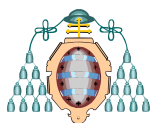


Figura 2. Ría del Nalón

La obtención del modelo geométrico se realiza mediante el programa ArcGIS, y su extensión HEC-GeoRAS. Dicha extensión está diseñada para procesar datos georreferenciados bajo el entorno de los sistemas de Información Geográfica (SIG).



En el modelo se crea un archivo para importar a HEC-RAS en el que se definen los datos geométricos del terreno, el cauce el río, secciones transversales, bancos y también adicionar parámetros y características preliminares como son: áreas inefectivas de flujo, elementos de obstrucción, coeficientes de Manning, etc.

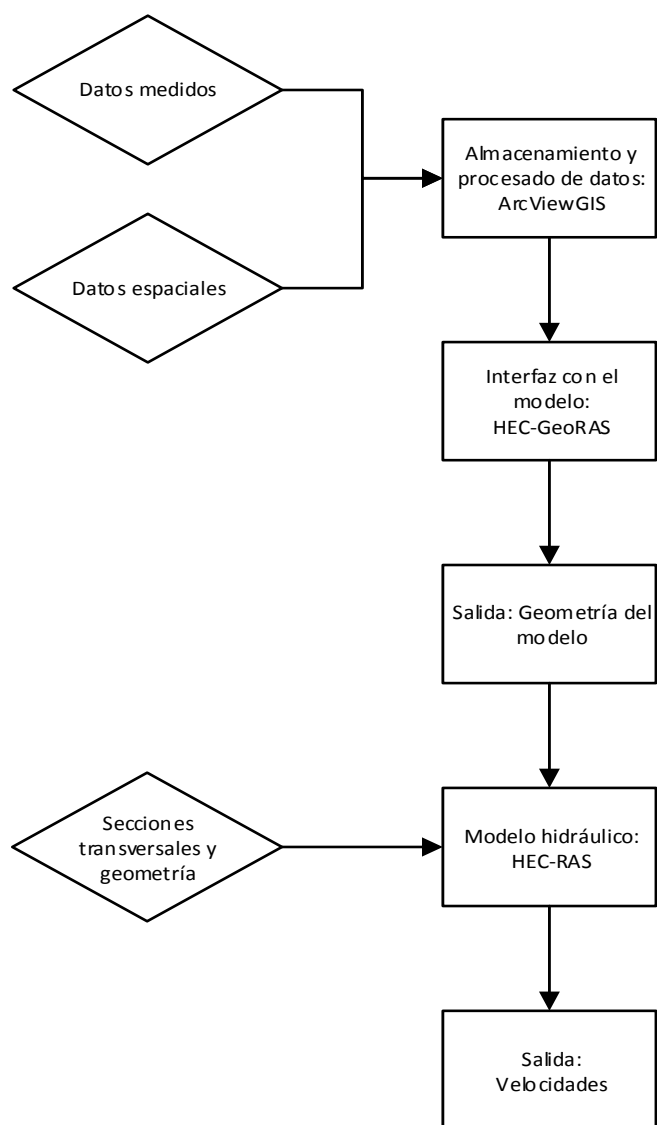


Figura 3. Esquema del desarrollo del modelo

Para el desarrollo de la de geometría se ha partido de la información cartográfica disponible en el Instituto Geográfico Nacional, concretamente del Modelo Digital de Elevaciones Lidar 5x5 de la hoja 0013 de la distribución de hojas 1:5.000.

Esta información cartográfica ha sido tratada mediante ArcGIS, obteniendo un Modelo Digital del Terreno Triangular TIN.

Seguidamente, y ya trabajando en el módulo HEC-GeoRAS, se han definido el eje del canal principal, las líneas de flujo en llanuras de inundación, la posición de los Bank Stations y finalmente las secciones transversales. La distancia entre secciones depende del tipo de flujo y de la geometría del cauce, pero como orden de magnitud sería entre 1 y 5 veces el ancho del río. En este caso, las secciones automatizadas se crearon a intervalos de 150m y 600m de anchura. Una vez finalizadas las geometrías en HEC-GeoRAS, estas se importan a HEC-RAS para la fase de creación de secciones.

Debido a las características de la cartografía base de referencia, no conocemos con exactitud como es el fondo de la ría, el cauce de esta no queda bien definido, por lo que se procede a la revisión de la secciones tomando como referencia la carta náutica. Así pues, tomando como referencia las cotas de las sondas de las cartas náuticas se ha definido la geometría de los cauces.

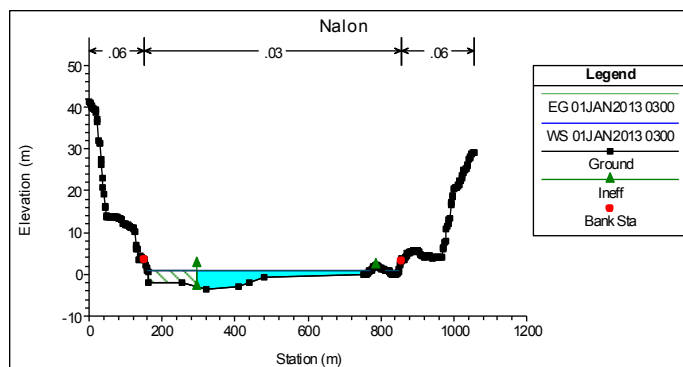
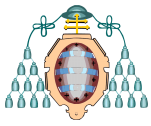


Figura 4. Sección transversal HEC-RAS

Las cotas de las sondas indicadas en las cartas náuticas toman como referencia el Cero Hidrográfico. Dicho Cero Hidrográfico se encuentra por debajo del Cero Geográfico tomando como referencia el Nivel Medio del Mar en Alicante, a partir del cual se definen las cotas de los Modelos Digitales de Elevaciones en tierra. De este modo, para coordinar correctamente las dos fuentes altimétricas de información e implementarlas en la geometría del modelo hidráulico, las cotas de las sondas se han profundizado 2'11m.



Actualizadas las geometrías de las secciones, seguidamente se ha procedido a terminar de ubicar correctamente la posición de las Bank Stations, para terminar definiendo los coeficientes de rugosidad de Manning en cada una de las secciones tomando como referencia la vegetación y usos del suelo visualizados en la Ortofot PNOA de Máxima Actualidad [8] (también disponible en el Instituto Geográfico Nacional).

Completada la definición de la geometría de base, se ha procedido a realizar la interpolación automática de secciones, en este caso cada 25 m.

Abusar de la opción de interpolación entre secciones puede conducir a error. El programa puede considerar que el proceso iterativo ha convergido, por estar las secciones muy próximas, si la diferencia de energía entre ellas es inferior a la tolerancia de cálculo, acumulándose el error sección a sección y resultando una lámina de agua incorrecta.

Una vez interpoladas las secciones, se ha procedido a una segunda edición de las mismas, con el objeto de adaptar las interpolaciones automáticas a la realidad del desarrollo de las geometrías de los cauces.

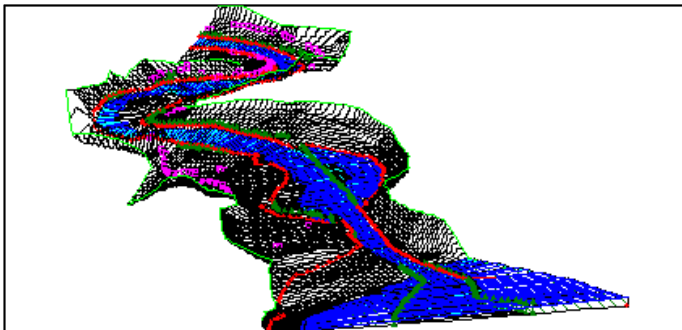


Figura 5. Modelo 3D HEC-RAS

Así mismo, también se han definido áreas inefectivas de flujo en todas aquellas ensenadas y zonas de amarre que por su posición, ubicación y condicionantes externos (como diques o zonas de humedales) no deben ser computados como áreas efectivas de flujo.

Finalmente, se han definido diques (leves) en aquellos puntos donde se ha previsto su necesidad para evitar que el programa compute elevaciones

de agua en depresiones exteriores al canal principal que no deben inundarse a no ser que se supere cierta cota de agua.

Con todos estos trabajos, queda la geometría de los modelos completamente definida.

c) Metodología de pruebas

Para comprobar el buen funcionamiento del modelo se ha realizado una primera simulación en régimen no permanente teniendo sólo en cuenta la intervención de la marea.

Por esta razón como condicionantes de flujo, se han definido dos condiciones de contorno:

1) Aguas abajo del modelo, la condición de contorno es la marea del Mar Cantábrico. Para representarla adecuadamente, se han tomado como datos los registros horarios de niveles de mar del mareógrafo Gijón2, tomando como intervalo de datos desde el 1 de Enero hasta el 31 de Diciembre de 2013. Estos datos se encuentran disponibles en la web de Puertos del Estado [9].

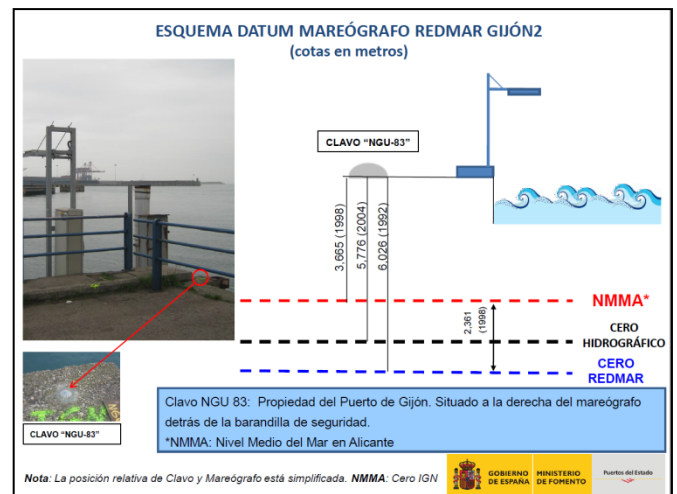
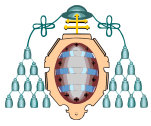


Figura 6. Esquema datos mareógrafo REDMAR Gijón2

De nuevo estos niveles están referidos a la cota a la que se encuentra el mareógrafo el cual se sitúa 2,36m por encima del Cero Geográfico, con lo que los datos de niveles del mar deben reducirse ese valor para que concuerden con las elevaciones del modelo el terreno.



2) Como condiciones de contorno aguas arriba, en primera instancia se ha optado por definir un caudal en hidrograma constante mínimo con un caudal de $0,01\text{m}^3/\text{s}$, y una condición de flujo inicial con el mismo valor en régimen no permanente.

Una vez definido el modelo, se ha procedido a su computación y visualización de resultados, comprobando que el modelo es estable y representa verazmente la situación que puede darse en la realidad. Dando por válido el modelo, se ha procedido a definir los planes o simulaciones a realizar.

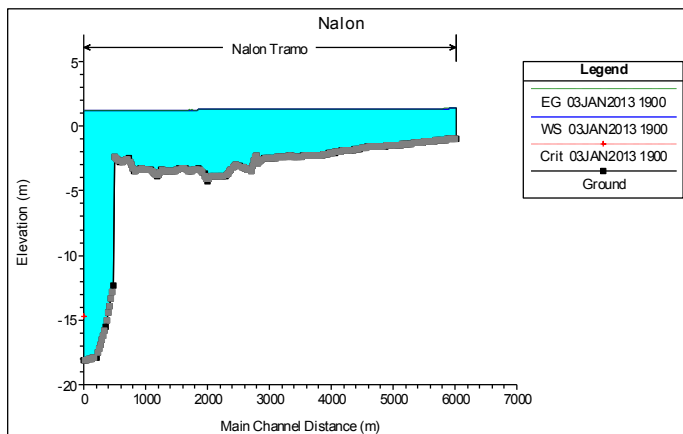
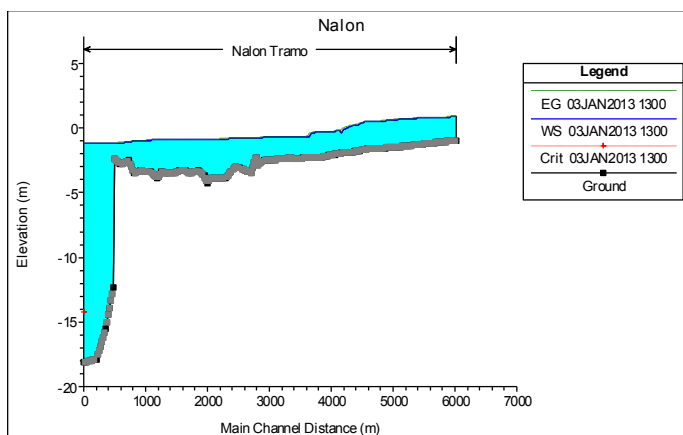


Figura 7. Diferencias de lámina libre según altura de marea (capturas de pantalla de HEC Ras)

Se ha definido un plan en el que como condición de contorno aguas abajo se define la serie de mareas mencionada anteriormente, y como condición de contorno aguas arriba y de flujo inicial un caudal de avenida.

Tabla 1. Caudales medios mensuales

Mes	Caudal Medio m^3/s
Enero	78,419
Febrero	66,711
Marzo	73,379
Abril	65,160
Mayo	58,104
Junio	38,638
Julio	19,461
Agosto	14,465
Septiembre	19,356
Octubre	30,671
Noviembre	67,973
Diciembre	91,036

Dichos caudales de avenida son los caudales medios mensuales medidos en la estación de aforo 1346 de Grado [10].

Finalmente se ha procedido a la realización de las simulaciones correspondientes en flujo no permanente y régimen subcrítico.

El tiempo de simulación se inicia con los datos de mareas y caudales a las 0 h del 01 de Enero y se finaliza a las 20h del 31 de Diciembre de 2013. Los resultados se obtienen en intervalos de 1h.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se han agrupado según el análisis de la evolución de distintas variables en las secciones de la desembocadura: velocidades máximas, distribución de velocidades, potencia y energía aprovechable mediante microgeneración.

Como referencia de velocidad indicar que se ha considerado positiva en sentido del flujo desde el río al mar.

a) Velocidades máximas

Durante los meses de Junio a Octubre (época de menor caudal en el río Nalón) los valores máximos de velocidad se producen en la sección 4272 alcanzando valores cercanos a 2 m/s .

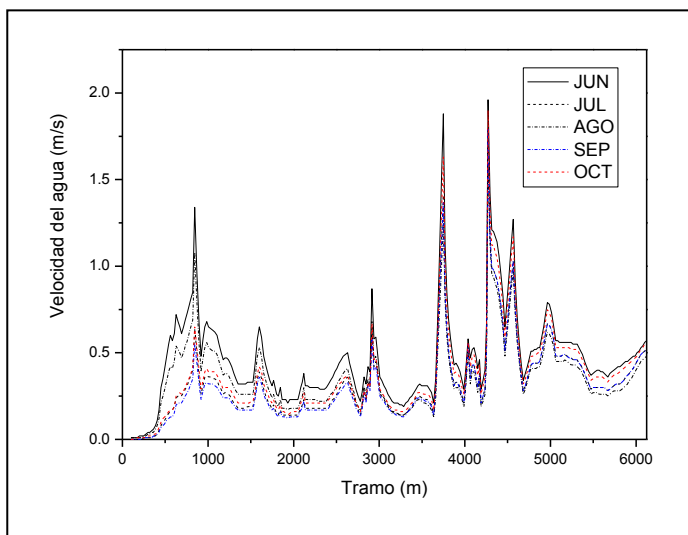
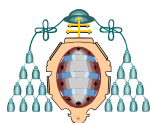


Figura 8. Valores máximos de velocidad (meses de Junio a Octubre)

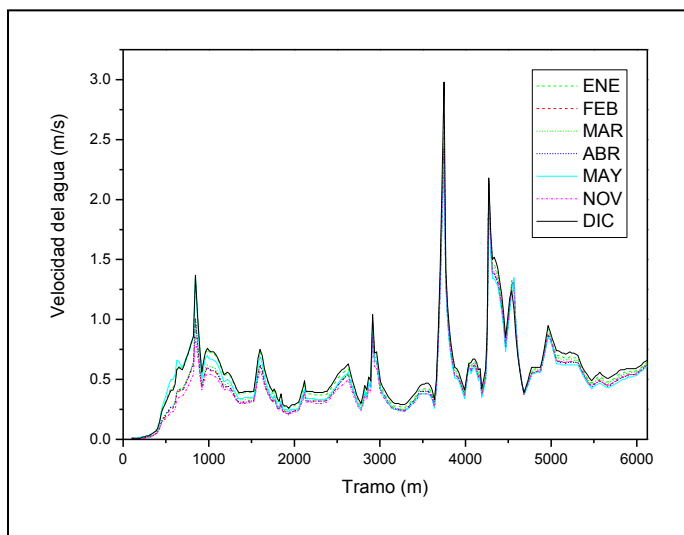


Figura 10. Valores máximos de velocidad (meses de Enero a Mayo y de Noviembre a Diciembre)

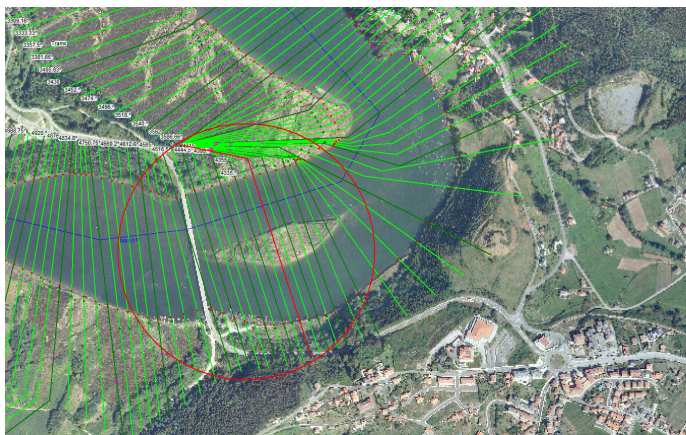


Figura 9. Localización de la sección 4272

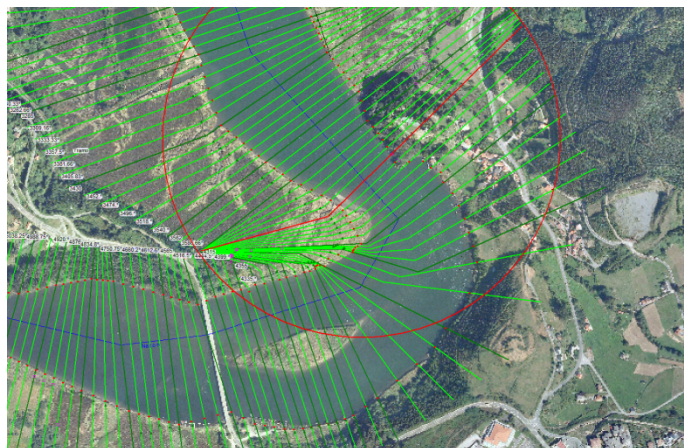


Figura 11. Localización de la sección 3748

En el resto de meses la sección de máxima velocidad es la 3748 dando un máximo de 2,98 en diciembre.

b) Distribución de velocidades

Se han obtenido los valores de evolución temporal de la velocidad en las diferentes secciones, comprobándose la variación de valor de dicho parámetro debido a la interacción entre las diferentes alturas de marea y caudales del río Nalón.

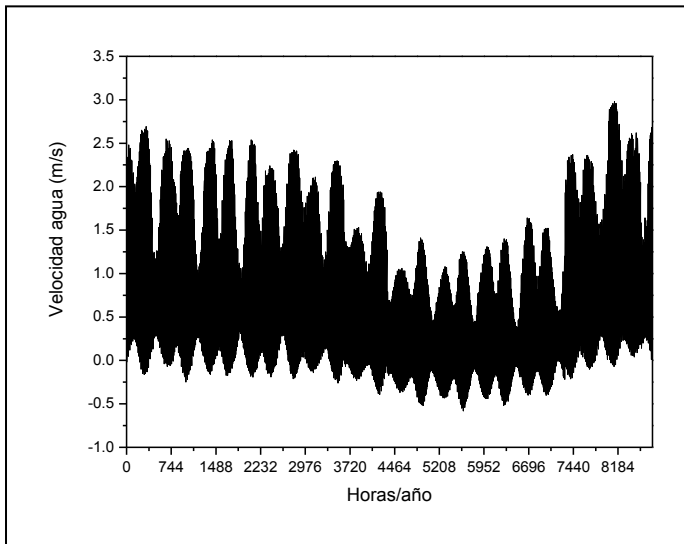
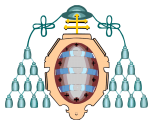


Figura 12. Evolución anual de la velocidad en la sección 3748

Se ha comprobado a que en todos los casos la distribución temporal de velocidad corresponde con una distribución asimétrica.

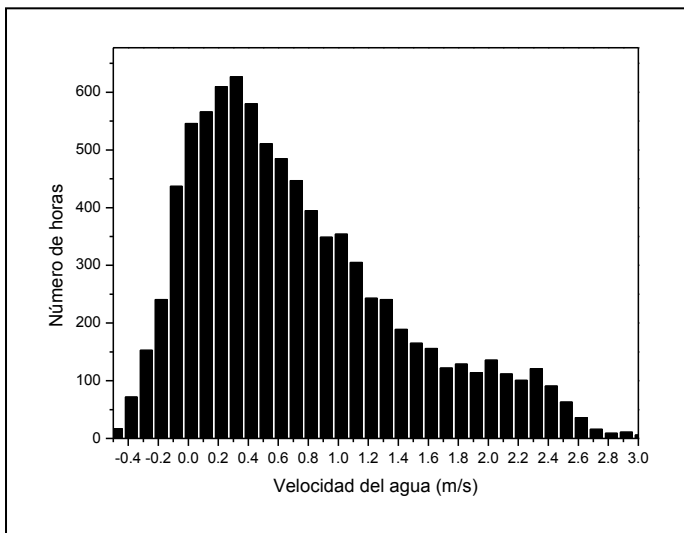


Figura 13. Distribución temporal de las velocidades en la sección 3748

c) Potencia aprovechable mediante microgeneración

En cada sección se ha calculado la potencia posible obtener mediante turbinas de microgeneración por m² de cauce. Para ello se ha utilizado la expresión:

$$P(t) = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v(t)^3$$

Siendo,

$P(t)$, potencia útil obtenida (kW).

C_p , coeficiente de potencia. Depende del tipo de turbina a emplear y de la relación existente entre velocidad del flujo y la velocidad de rotación.

A , el área de la sección transversal opuesta al flujo de la microturbina (m²). En este caso se ha tomado el valor $A=1\text{m}^2$.

$v(t)$, velocidad de la corriente de agua (m/s).

En el caso evaluado se ha utilizado un diseño de turbina Gorlov (ver **Figura 14**) al ser el que ofrece el mayor coeficiente de potencia en equipamientos de microturbinas [11]:

$C_p = 0,35$

Siendo para esta turbina el mínimo de funcionamiento:

$V_{min} > 0,5 \text{ m/s}$



Figura 14. Turbina Gorlov

En la **Figura 15** y **Figura 16** se muestran los valores de potencia obtenida en las secciones 4272 y 3748. Lógicamente en estas secciones donde se encuentran los valores máximos de velocidad también la potencia obtenida es máxima.

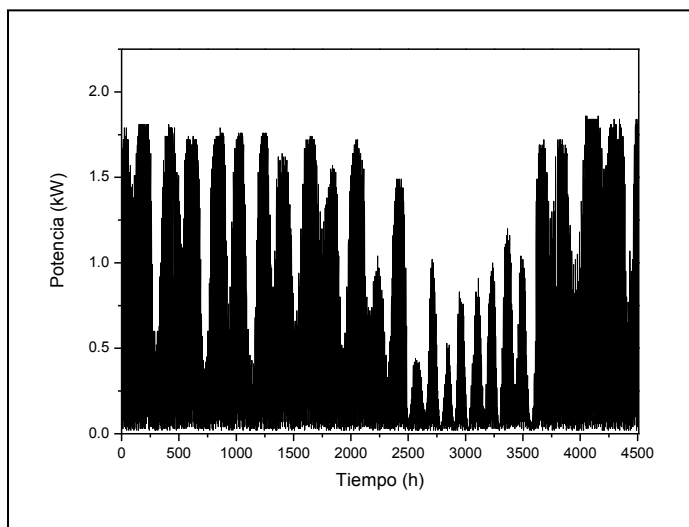
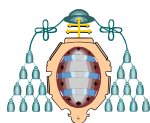


Figura 15. Evolución anual de la potencia en la sección 4272

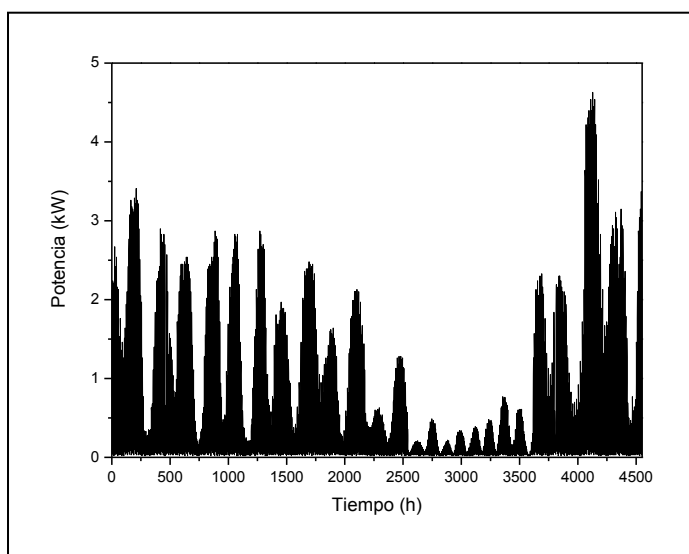


Figura 16. Evolución anual de la potencia en la sección 3748

d) Energía aprovechable mediante microgeneración

Una vez obtenida la Potencia útil que es posible obtener en cada sección, se calcula la energía disponible en cada sección. Para ello al tratarse de potencias medias horarias se calculan (para cada sección) como:

$$E = \sum_{i=1}^{i=8769 h} P_i(t)$$

Siendo E (kWh) la energía total posible aprovechar en cada sección mediante turbinas Gorlov.

Tabla 2. Valores de máxima energía en secciones

Sección	Distancia (m)	Energía (kWh)
3725,6	3626,49	884,37
3748	3648,96	2475,94
3769	3669,91	712,28
4272	4172,98	2561,54
4293,5	4194,47	1556,72
4315	4215,96	1088,87
4335	4236,02	1146,15
4355	4256,09	1066,93
4377	4278,02	1031,61
4399	4299,95	854,67
4421	4321,88	668,70
4516,5	4417,64	616,59
4540,75	4441,83	883,89
4565	4466,02	885,17

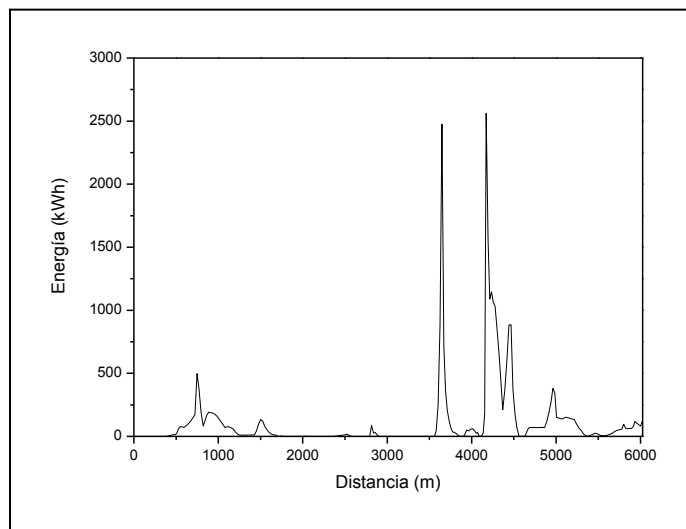


Figura 17. Valores anuales de energía

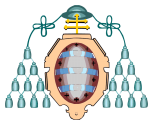


Figura 18. Localización de zona de máxima energía

CONCLUSIONES

Mediante simulaciones utilizando HEC-RAS en un modelo unidimensional se han localizado en la desembocadura del río Nalón secciones donde las velocidades del flujo superan los 2 m/s. Dichas localizaciones están situadas entre 3,5 a 4,5 km del mar. En la citada zona se ha evaluado la potencia posible obtener mediante una turbina de microgeneración Gorlov obteniendo potencias de hasta 4kW. Así mismo también se ha evaluado la energía anual que podría ser aprovechada por ese tipo de turbinas por m². Los resultados son muy positivos desde el punto de vista científico a falta de una legislación que permita su instalación y puesta en servicio.

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores Eduardo Alvarez Alvarez y Antonio José Gutiérrez Trashorras por el apoyo recibido en este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] "Key World Energy Statistics 2012", International Energy Agency, Paris (2012).
- [2] J.E. Cavanagh, J.H. Clarke, R. Price, "Ocean energy systems. Renewable Energy Sources for Fuels and Electricity", eds. T.B. Johansson, H. Kelly, A.K.N. Reddy, and R.H. Williams, Washington, DC: Island Press (1993).

[3] F. O'Rourke, F. Boyle and A.Reynolds, "Tidal energy update 2009", Applied Energy, vol. 87, n 2, pp. 398-409 (2010).

[4] R. Carballo, G. Iglesias and A. Castro, "Numerical model evaluation of tidal stream energy resources in the Ría de Muros (NW Spain)", Renewable Energy, vol. 34, n 6, pp. 1517-1524 (2009).

[5] K.P. Kim, M.R. Ahmed and Y.H. Lee, "Conceptual Design of a 100kW Energy Integrated Type Bi-Directional Tidal Current Turbine", AIP Conference Proceedings, vol.1225, pp. 650 (2010).

[6] M.S. Horritt, P.D. Bates, "Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation", Journal of Environmental Management, vol.75, n 4, pp.325-336 (2005)

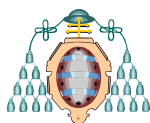
[7] E. Bladé, M.Sánchez-Juny, H.P. Sánchez, D. Niñerola, M. Gómez, "Modelación numérica en ríos en régimen permanente y variable. Una visión a partir del modelo HEC-RAS" (2009)

[8] <http://www.ign.es/PNOA>

[9] http://www.puertos.es/oceanografia_y_meteorologia/redes_de_medida/index.html

[10] <http://hercules.cedex.es/anuarioaforos>

[11] M. Gorlov, V.M. Silantyev, "Limits of the turbine efficiency for free fluid flow", Journal of Energy Resources Technology, vol. 123, p. 311-317(2001).



ANEXO

Coeficientes Manning Ría Nalón			
RiverStation	Left OB	Channel	Right OB
6124	0.038	0.03	0.038
5989	0.038	0.03	0.038
5812	0.038	0.03	0.038
5670	0.038	0.03	0.038
5568	0.038	0.03	0.038
5474	0.038	0.03	0.038
5374	0.038	0.03	0.038
5313	0.075	0.03	0.038
5170	0.075	0.03	0.04
5063	0.075	0.03	0.04
4964	0.075	0.03	0.04
4876	0.075	0.03	0.04
4773	0.075	0.03	0.04
4684	0.075	0.03	0.04
4565	0.07	0.03	0.04
4468	0.07	0.03	0.045
4421	0.07	0.03	0.045
4355	0.05	0.03	0.045
4315	0.04	0.03	0.045
4272	0.04	0.03	0.045
4236	0.04	0.03	0.045
4189	0.04	0.03	0.065
4152	0.04	0.03	0.065
4064	0.04	0.03	0.065
3990	0.04	0.03	0.045
3874	0.04	0.03	0.045
3748	0.04	0.03	0.07
3636	0.04	0.03	0.07
3562	0.04	0.03	0.05
3430	0.04	0.03	0.04
3285	0.04	0.03	0.04
3151	0.04	0.03	0.05
3006	0.05	0.03	0.05
2778	0.06	0.03	0.05

Coeficientes Manning Ría Nalón			
RiverStation	Left OB	Channel	Right OB
2630	0.06	0.03	0.045
2383	0.06	0.03	0.035
2138	0.06	0.03	0.045
2100	0.06	0.03	0.05
2049	0.06	0.03	0.06
1954	0.06	0.03	0.06
1801	0.065	0.03	0.06
1748	0.07	0.03	0.065
1650	0.07	0.03	0.065
1526	0.065	0.03	0.065
1351	0.065	0.03	0.06
1278	0.065	0.03	0.065
1178	0.06	0.035	0.06
1007	0.055	0.035	0.06
920	0.05	0.035	0.06
821	0.035	0.035	0.07
692	0.035	0.035	0.07
584	0.035	0.035	0.07
450	0.035	0.035	0.07
299	0.035	0.035	0.07
99	0.035	0.035	0.07

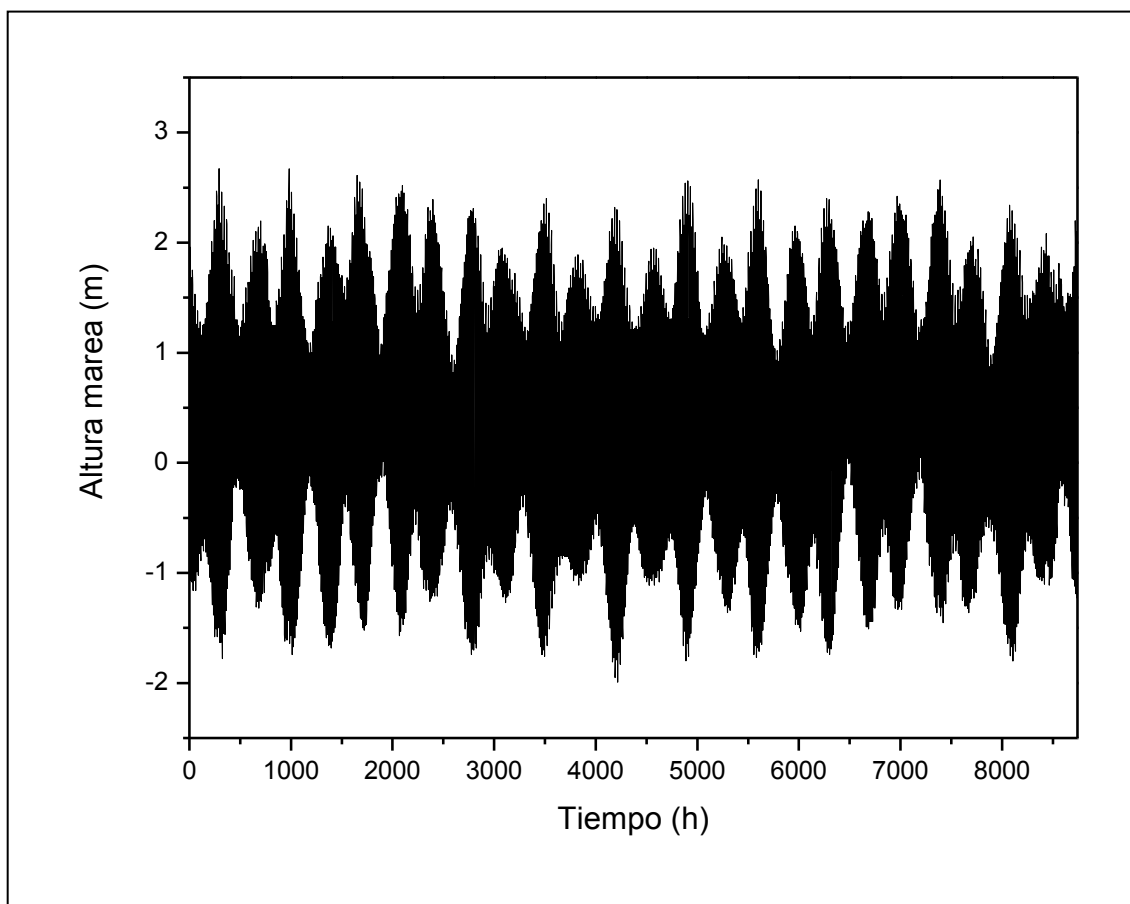
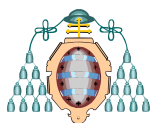


Figura 19. Amplitudes de marea en la desembocadura del río Nalón